علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۴ (ص ۲۴-۱۵)

مطالعهٔ بقایای علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولفورون (اولتیما) مصرف‌شده در مزرعهٔ ذرت به‌کمک روش زیست‌سنجی

سعید شهبازی[۱]، حسن علیزاده[۲*] و خلیل طالبی‌جهرمی[۳]
۱ و ۲. دانشجوی سابق دکتری و استاد علوم علف‌های هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۳. استاد سم‌شناسی، گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳)

چکیده

یکی از مهم‌ترین تأثیرات جانبی محیطی کاربرد علف‌کش‌ها در سیستم‌های تولید محصول، آسیب احتمالی به گیاهان غیرهدف، مثل گیاهان کشت‌شده در تناوب است. اولتیما از علف‌کش‌های جدید ثبت‌شدهٔ خانوادهٔ سولفونیل‌اوره است که به‌تازگی برای کنترل علف‌های هرز مزارع ذرت در ایران استفاده می‌شود. بقایای این علف‌کش می‌تواند در شرایط خاص در خاک، پایداری خود را حتی بیش از یک فصل زراعی حفظ کند. به‌منظور اندازه‌گیری بقایای این علف‌کش در خاک، آزمایش زیست‌سنجی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه منطقهٔ کرج، فسا و مغان انجام گرفت. در ابتدا، در آزمایش گلخانه‌ای حساسیت هشت گونهٔ گیاهی (گندم، جو، لوبیا، عدس، ماش، کلزا، چغندرقند و خیار) به علف‌کش اولتیما در قالب یک طرح کاملاً تصادفی ارزیابی شد. عدس با حداکثر بازدارندگی طول ریشه، حساس‌ترین گیاه به این علف‌کش تعیین شد. بنابراین، عدس در آزمایش زیست‌سنجی برای تعیین غلظت‌های این علف‌کش در خاک مزارع مختلف ذرت استفاده شد. مقادیر باقی‌ماندهٔ علف‌کش محاسبه‌شده توسط معادلات رگرسیونی، نشان داد که در دوز توصیه‌شده بقایای علف‌کش تا ۶۰ روز بعد از کاربرد پایداری دارد. زمان لازم برای کاهش ۵۰ درصد دوز علف‌کش در منطقهٔ فسا کمتر از دو منطقهٔ دیگر بود، به‌طوری که این مقدار در مناطق فسا، کرج و مغان به‌ترتیب ۱۴، ۲۱ و ۳۳ روز بود. بنابراین، در مناطقی که ذرت به‌عنوان کشت دوم و برای مصارف علوفه‌ای کشت می‌شود و برای مبارزه با علف‌های هرز آن از این علف‌کش استفاده می‌شود، اعمال فاصلهٔ زمانی مطلوب در کاهش خسارت ناشی از بقایای این علف‌کش بر گیاهان بعدی ضروری به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: اتلاف علف‌کش، سولفونیل اوره، عدس.

مقدمه

راهبردهای کنترل علف‌های هرز در درجهٔ اول بر کنترل شیمیایی متمرکز شده است. از دهه‌های گذشته، استفاده از فراورده‌های شیمیایی سنتزشده به‌طرز چشمگیری افزایش یافته است. استفاده از آفت‌کش‌ها، از نگرانی‌های جوامع کشورهای توسعه‌یافته و علاقه‌مند به محیط زیست است. خطر آسیب به گیاهان زراعی موجود در تناوب ناشی از علف‌کش‌های با پایداری زیاد، و

* تلفن: ۰۹۱۲۳۶۱۱۵۵۰
Email: malizade@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

تأثیرپذیری محصولات یا گیاهان مجاور گیاهان تیمارشده به‌واسطهٔ رانش علف‌کش در طی سمپاشی، سبب نگرانی در مورد احتمال خطر سمیت در گونه‌های غیر هدف است (Pestemer & Zwerger, 1999).

علف‌کش‌های بازدارندهٔ سنتز استولاکتات سنتاز گروه های مهمی از علف‌کش‌ها هستند که بقایای آنها پایداری بیشتری در خاک دارند. این گروه از علف‌کش‌ها، دامنهٔ وسیعی از علف‌های هرز را در گیاهان زراعی پهن‌برگ و باریک‌برگ کنترل می‌کنند. تحمل زیاد گیاهان زراعی، کنترل مناسب علف‌های هرز در مقدار مصرف کم و سمیت کم برای پستانداران، علت افزایش پذیرش این گروه از علف‌کش‌هاست (Moyer & Hamman, 2001). این گروه از علف‌کش‌ها، فعالیت گیاهی به‌نسبت شدید و توانایی جذب از طریق ریشه و برگ را دارا هستند. این گروه از علف‌کش‌ها قادرند برای مدت طولانی‌تری در خاک فعال باقی بمانند و با جذب از طریق سیستم ریشه، علف‌های هرزی را که در طول فصل رشد سبز می‌شوند کنترل کنند. در واقع، یکی از اهداف استفاده از علف‌کش‌های دارای باقی‌مانده در خاک، کنترل طولانی‌مدت علف‌های‌هرز در طی فصل رشد است. اگرچه فعالیت علف‌کش فقط برای مدت زمانی که به آن نیاز است مفید است، فعالیت این گروه از علف‌کش‌ها برای مدت طولانی‌تر می‌تواند مشکلاتی را برای گیاهان زراعی در تناوب‌های بعدی به‌وجود آورد (Brown, 1990; Vencil, 2002).

بقایای این گروه از علف‌کش‌ها در شرایط خاص در خاک پایداری خود را حتی بیش از یک فصل زراعی حفظ می‌کند و سبب آسیب‌دیدگی گیاهان زراعی در تناوب‌های بعدی خواهد شد (Brown, 1990; Moyer & Esau, 1996). در برخی شرایط، ثابت شده است که حتی غلظت‌های کم بقایای این علف‌کش‌ها در خاک می‌تواند تأثیرات سوء بر گیاهان زراعی وارد کند. برای مثال، غلظت ۰/۰۱ تا ۰/۰۷ میکروگرم در کیلوگرم خاک از علف‌کش کلروسولفورون می‌تواند رشد گیاهان حساس از جمله لوبیا، نخودفرنگی، عدس یا یونجه را در تناوب‌های زراعی کاهش دهد (Brown, 1990).

تعیین بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره از طریق روشهای تجزیه ای به‌دلیل غلظت کم کاربرد، تجزیهٔ حرارتی و بی‌ثباتی این علف‌کش‌ها در بعضی حلال‌ها، با چالش‌هائی مواجه است (Shalaby *et al*., 1992) اگر چه در سال‌های اخیر چند روش در اینخصوص توسعه پیدا کرده است. اصلی‌ترین روش، استفاده از HPLC با سیستم‌های مجهز به UV یا مجهز با MS است (Lian *et al*., 1996). روش LC/MS نیز روشی مؤثر عنوان شده است (Marek & Koskinen, 1996). روش HPLCدر تعیین بقایای این علف‌کش‌ها در سطوحی که به گیاهان کشت‌شده در تناوب آسیب برساند به اندازهٔ کافی حساسیت ندارد. علاوه‌بر این، به‌دلیل دمای ناپایدار و فشار بخار بسیار کم علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره، روش کروماتوگرافی گازی (GC) مناسب نیست. زیست‌سنجی با اینکه روشی ساده و معمولی است، حساس‌ترین روش تعیین و کمّی‌سازی بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره در خاک و آب است. این روش به‌طور معمول ابزاری برای مطالعهٔ رفتار و سرنوشت علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره است که غلظت مصرفی کمی دارند (Castro *et al*., 2002).

با استفاده از روش استخراج شیمیایی، می‌توان تغییرات غلظت علف‌کش در خاک را در طول زمان تعیین و نیمه‌عمر را محاسبه کرد. روش‌های استخراج مواد شیمیایی اغلب برای تعیین مقدار علف‌کش‌ها در خاک، هم علف‌کش در دسترس گیاهان و هم علف‌کش دور از دسترس، استفاده می‌شوند (Hamaker & Goring, 1976). ازآنجا که تفکیک علف‌کش در دسترس و دور از دسترس ممکن نیست، استخراج شیمیایی هیچ نشانه‌ای از واکنش بالقوهٔ گیاه را نشان می‌دهد (Eberle & Gerber, 1976).

به‌عنوان یک جایگزین برای روش استخراج شیمیایی، برخی از محققان از گیاهان به‌عنوان شاخص‌های زندهٔ سموم در خاک (برای مثال، روش زیست‌سنجی) استفاده می‌کنند (Wang & Freemark, 1995). روش زیست‌سنجی، میزان پاسخ گیاه به باقی‌ماندهٔ علف‌کش خاک در مکانی خاص است (Ferris & Haigh, 1992). این روش می‌تواند خسارت یا عدم خسارت یک محصول حساس در تناوب را حتی زمانی که فواصل زمانی توصیه‌شده برای کشت مجدد رعایت شده باشد، تعیین کند (Jettner *et al*., 1999). زیست‌سنجی، اندازه‌گیری غیرمستقیم غلظت علف‌کش

Archive of SID

www.SID.ir

خاک است، ولی اندازه‌گیری مستقیمی از علف‌کش در دسترس گیاه را فراهم می‌آورد (Eberle & Gerber, 1976). پایداری طولانی‌مدت این گروه از علف‌کش‌ها در خاک می‌تواند بر گیاهان حساسی از جمله کلزا و برخی از لگوم‌ها صدمه وارد کند. عواملی از جمله مقدار رس و مواد آلی موجود در خاک، اسیدیته، جمعیت میکروبی و سیستم‌های شخم می‌تواند بر جذب و تجزیهٔ علف‌کش‌ها در خاک تأثیر داشته باشد (Brown, 1990; Onofri, 1996).

علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) که حاوی ۳۷/۵ درصد نیکوسولفورون و ۳۷/۵ درصد ریم سولفورون است، از علف‌کش‌های جدید ثبت‌شدهٔ خانوادهٔ سولفونیل‌اوره در ایران است که هم از طریق ریشه و هم از طریق برگ جذب می‌شود و به مقدار ۱۷۵ گرم در هکتار برای کنترل علف‌های هرز در ذرت به‌کار می‌رود. این علف‌کش دومنظوره و سیستمیک است و بر روی باریک‌برگ‌ها کارایی بهتری نسبت به پهن برگ‌ها دارد (Baghestani *et al*., 2007).

مطالعاتی که به‌طور دقیق رونشینی و تجزیهٔ این گروه از علف‌کش‌ها را در خاک‌های کشور بررسی و تأثیرات بقایای آنها را بر گیاهان حساس در تناوب‌های مختلف مطالعه کند بسیار اندک است. بقایای علف‌کش‌های سولفونیل اوره می‌تواند برای گیاهانی مثل چغندرقند، کلزا، پنبه، آفتابگردان، سویا و گندم سمی باشد (Noy & Hollaway, 2001). پایداری علف‌کش در خاک در بین خاک‌ها و مناطق مختلف آب‌وهوایی متفاوت است. به‌عنوان مثال گزارش شده که نیمه‌عمر علف‌کش تریکلوپیر از ۱۰ تا ۱۰۰ روز متفاوت است (Cox, 2000). ازاین‌رو این مطالعه با هدف تعیین حساس‌ترین گیاه از بین گیاهان گندم، جو، لوبیا، عدس، ماش، کلزا، چغندرقند و خیار (حساس‌ترین گیاه به علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولفورون) و تعیین مقدار بقایا و نیمه‌عمر این علف‌کش در سه منطقهٔ آب‌وهوایی کشور صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای

تحقیق حاضر در سه منطقهٔ کرج، فارس (شهرستان فسا) و اردبیل (شهرستان مغان) انجام گرفت. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک‌های مطالعه‌شده

خصوصیات	خاک		
	کرج	فسا	مغان
رس (٪)	۲۶	۴۰/۶	۳۰
سیلت (٪)	۴۶	۴۰	۳۰
شن (٪)	۲۸	۱۵/۴	۴۰
بافت	لوم	لومی-رسی	لومی-رسی
کربن آلی (٪)	۰/۸۵	۰/۹۴	۰/۶
pH	۸/۱	۸/۴	۸/۱
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۹۸	۲/۲۱	۳/۴
نیتروژن (٪)	۰/۰۸۵	۰/۰۹	۰/۰۵
فسفر (ppm)	۱۹/۵	۸	۶/۷
پتاسیم (ppm)	۱۶۰	۲۴۴	۲۲۰

ذرت رقم 704 سینگل کراس در تاریخ مناسب سه منطقه (کرج ۱۰ خرداد، فسا، ۴ خرداد و مغان ۱ خرداد) کشت شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. مزارع آزمایش شامل ۹ کرت (۱۰ متر طول و ۴ متر عرض) بودند و کرت‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شدند که زهاب یک کرت وارد کرت مجاور نشود. علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (۷۵درصد WG) با استفاده از سمپاش ماتابی در دوز توصیه‌شده (۱۷۵ گرم در هکتار) و دو برابر (۳۵۰ گرم در هکتار) در مرحلهٔ چهار تا شش‌برگی در سه تکرار همراه با کرت‌های شاهد استفاده شد.

نمونه‌برداری و ذخیره‌سازی

نمونه‌های خاکی به‌صورت تصادفی از هر تیمار و از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری (سطح خاک) با استفاده از اوگر در فواصل زمانی ۱، ۳، ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۵ روز بعد از کاربرد علف‌کش جمع‌آوری شدند. نمونه‌های خاک خشک شده و بعد از عبور از الک، کاملاً با هم مخلوط شدند و نمونه‌های فرعی ۵۰۰ گرمی تهیه شد که تا زمان آزمایش زیست‌سنجی در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند (Paul *et al*., 2009).

انتخاب گیاه محک برای آزمایش زیست‌سنجی

به‌منظور انتخاب حساس‌ترین گیاه به علف‌کش، نمونه‌های خاکی که سابقهٔ مصرف علف‌کش نداشتند، از

Archive of SID

www.SID.ir

مناطق مطالعه‌شده جمع‌آوری شدند. نمونه‌ها پس از عبور از الک در دمای اتاق نگهداری شدند.

در این آزمایش که در گلخانهٔ تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اجرا شد، هشت گیاه (گندم، جو، لوبیا، عدس، ماش، کلزا، چغندرقند و خیار) ارزیابی شدند. گلدان‌هایی که دارای قطر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر بودند با ۵۰۰ گرم خاک تیمارشده با غلظت ۹۶/۴ میکروگرم بر کیلوگرم علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون پر شدند و در چهار تکرار به همراه شاهد تیمارنشده قرار گرفتند. بذور این گونه‌ها که از قبل در پتری‌دیش جوانه-دار شده بودند، در گلدان‌های مورد نظر کشت شد و هر گلدان شامل پنج بذر بود. به‌منظور جلوگیری از شست‌وشوی علف‌کش، آبیاری‌ها به‌صورت تحتانی انجام گرفت. گیاهان تحت نور طبیعی و دمای ۲۰-۱۷ و ۲۵-۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد شب / روز نگهداری شدند. این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. ۱۵ روز بعد از کشت، طول ریشه و ساقهٔ گیاهان اندازه‌گیری شد.

تهیهٔ نمودار استاندارد توسط زیست‌سنجی و آنالیز نمونه‌های مزرعه

برای تهیهٔ منحنی استاندارد، نمونه‌های خاکی از هر منطقه با غلظت‌های مختلف علف‌کش نیکوسولفورون+ ریم‌سولوفورون (۴/۸، ۹/۷، ۲۴/۳، ۴۸/۵، ۷۲/۸ و ۹۶/۴ میکروگرم بر کیلوگرم) تیمار شدند و در چهار تکرار به‌همراه شاهد قرار گرفتند. بذور جوانه‌دار گیاه محک انتخاب‌شده (عدس) در هر گلدان کشت شد و آبیاری هر سه روز یک‌بار به‌صورت تحتانی انجام گرفت. ۱۵ روز بعد از کشت، همهٔ گیاهان به‌دقت از ریشه خارج شده و به‌منظور حذف خاک با آب شسته شدند و طول ریشه به‌عنوان پارامتر حساس گیاه اندازه‌گیری شد. درصد بازدارندگی رشد ریشه نسبت به شاهد برای هر غلظت اندازه‌گیری شده و یک منحنی استاندارد برای غلظت علف‌کش در مقابل درصد بازدارندگی ریشه رسم شد و معادلهٔ رگرسیون این منحنی به‌دست آمد. نمونه‌های خاک مزرعه که در فواصل مختلف جمع‌آوری شده بودند در گلدان‌ها پر شدند و بذور جوانه‌دار گیاه محک انتخاب‌شده در این گلدان‌ها قرار گرفتند. بعد از ۱۵ روز، طول ریشه اندازه‌گیری و و درصد بازدارندگی محاسبه شد؛ سپس این داده‌ها با معادلهٔ استاندارد به‌دست‌آمده از آزمایش قبلی برازش یافت و بقایای علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون در شرایط مزرعه تعیین شد.

معادلهٔ سیگموئیدی سه‌پارامتره برای تعیین DT50 (زمان لازم برای اتلاف ۵۰ درصد علف‌کش) علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون در سه منطقهٔ کرج، فسا و مغان استفاده شد (Hernandez-Sevillano *et al.*, 2001).

$$f = \frac{a}{1 + e^{-(\frac{x - x_0}{b})}}$$

که در آن a حداکثر اتلاف علف‌کش؛ X_0 زمان لازم برای اتلاف ۵۰ درصد علف‌کش؛ و b شیب منحنی در اطراف X_0 است. اتلاف علف‌کش در فواصل زمانی مختلف از روی مقدار علف‌کشی که در ابتدا وارد خاک شد نسبت به مقداری که در زمان نمونه‌برداری در خاک وجود داشت محاسبه شد.

نتایج و بحث

انتخاب گیاه محک برای زیست‌سنجی

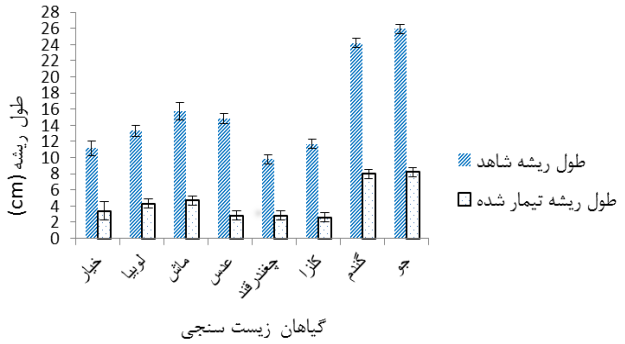
در بین گیاهان مطالعه‌شده، تنوع زیادی از نظر تحمل به بقایای علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون وجود داشت. در این مطالعه، بازدارندگی طول ریشه به‌عنوان حساس‌ترین پارامتر به بقایای علف‌کش نیکوسولفورون+ ریم‌سولوفورون انتخاب شد و گیاه عدس بیشترین حساسیت را به بقایا نشان داد؛ به‌طوری که در غلظت توصیه‌شدهٔ علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (۱۷۵ گرم بر هکتار)، به‌ترتیب ۸۰ ، ۷۴ و ۷۸ درصد بازدارندگی طول ریشه در خاک مناطق کرج، فسا و مغان مشاهده شد. براساس نتایج، ترتیب تحمل گیاهان مطالعه‌شده به بقایای علف‌کش نیکوسولفورون+ ریم‌سولوفورون در منطقهٔ کرج به‌صورت عدس<کلزا<چغندرقند<ماش<خیار<جو< لوبیا<گندم، و در مناطق فسا و مغان به‌صورت عدس< کلزا<چغندرقند<خیار<ماش<لوبیا<گندم<جو بود (شکل‌های ۱ تا ۳). حساسیت نخود و عدس به بقایای علف‌کش‌های کلروسولفوران، مت سولفوران متیل و

Archive of SID

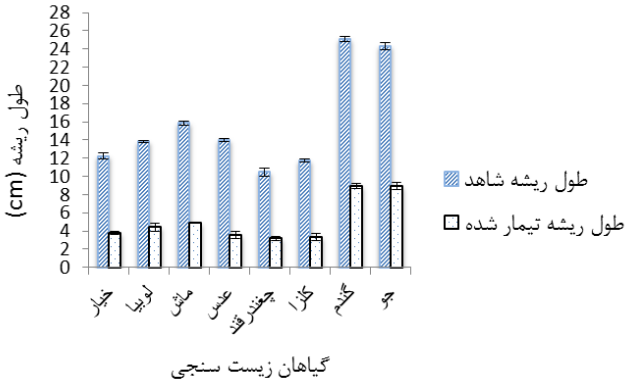
www.SID.ir

ترایاسولفوران توسط Halloway *et al.* (2006) ارزیابی شد و نتایج نشان داد که عدس نسبت به نخود به بقایای علف‌کش‌های مذکور حساس‌تر است و گیاه مناسب‌تری برای تعیین بقایای احتمالی علف‌کش‌های مذکور در آزمایش‌های زیست‌سنجی به‌شمار می‌رود.

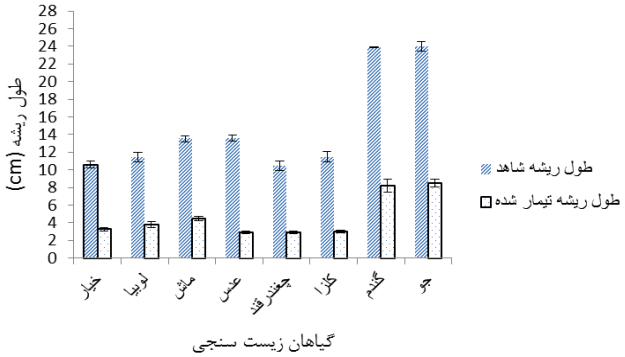
تأثیر بقایای آترازین بر گیاهان زراعی مختلف توسط Eizadi Darbandi (2008) آزمایش شد که نتایج نشان داد عدس نسبت به نخود و لوبیا به بقایای آترازین حساس‌تر است، به‌طوری که براساس گزارش نامبرده، نخود و عدس به‌ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین حبوبات به بقایای علف‌کش آترازین معرفی شدند. Paul *et al.* (2009) نیز گزارش کردند که از بین گونه‌های گیاهی ماش، خردل، سورگوم و عدس، کاهش طول ریشهٔ عدس، حساس‌ترین پارامتر در آزمایش زیست‌سنجی شناخته شد.



شکل ۱. اثر دوز توصیه‌شدهٔ علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) بر طول ریشهٔ گیاهان مختلف در آزمایش زیست‌سنجی در خاک منطقهٔ کرج



شکل ۲. اثر دوز توصیه‌شدهٔ علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) بر طول ریشهٔ گیاهان مختلف در آزمایش زیست‌سنجی در خاک منطقهٔ فسا



شکل ۳. اثر دوز توصیه‌شدهٔ علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) بر طول ریشهٔ گیاهان مختلف در آزمایش زیست‌سنجی در خاک منطقهٔ مغان

www.SID.ir

پایداری علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون در خاک‌های مزرعهٔ ذرت توسط روش زیست‌سنجی

مقادیر باقی‌ماندهٔ علف‌کش نیکوسولفورون+ ریم‌سولوفورون برای فواصل زمانی مختلف با استفاده از معادلات رگرسیونی به‌دست‌آمده از منحنی‌های کالیبراسیون (جدول۲) محاسبه شد. بقایای علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون در دوز توصیه‌شده تا ۶۰ روز بعد از کابرد علف‌کش پایداری داشت، با اینکه در ۹۰ روز بعد از تیمار علف‌کش مقداری باقی‌ماندهٔ علف‌کش در منطقهٔ مغان تعیین شد، این مقدار کمتر از حدی بود که توسط منحنی کالیبراسیون تهیه‌شده برای منطقهٔ مغان شناسایی شود (جدول ۳).

جدول ۲. معادلات رگرسیونی استاندارد برای تعیین غلظت علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) در خاک سه منطقهٔ کرج، فسا و مغان

مکان	معادلات استاندارد	ضریب تبیین (R^2)
کرج	Y=۰/۶۸۹۲x+۱۶/۲۹۶	۰/۹۹
فسا	Y=۰/۷۷۸۲x+۷/۳۱۳۴	۰/۹۸
مغان	Y=۰/۷۱۲۳x+۱۵/۴۷۲	۰/۹۹

جدول ۳. واکنش طول ریشهٔ عدس به باقی‌ماندهٔ علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) در دوز توصیه‌شده (۱۷۵ گرم در هکتار) در سه منطقهٔ کرج، مغان و فسا توسط روش زیست‌سنجی

روز	منطقه	*طول ریشه (± انحراف از استاندارد) (سانتی‌متر) شاهد	تیمارشده	درصد بازدارندگی ریشه	میانگین باقی‌مانده (میکروگرم بر کیلوگرم خاک)	درصد اتلاف در روزهای نمونه‌برداری
	کرج	۱۳/۷۱±۰/۵۴	۲/۶۳±۰/۲۷	۸۰/۸۵	۹۳/۶۷	۲/۸۵
۱	فسا	۱۳/۴۵±۰/۳۸	۲/۹۳±۰/۵۵	۷۸/۲۰	۹۱/۰۹	۵/۵۲
	مغان	۱۲/۴۵±۰/۶۶	۲/۱۵±۰/۲۶	۸۲/۷۳	۹۴/۴۲	۲/۰۷
	کرج	۱۳/۶۶±۰/۸۲	۲/۸۰±۰/۴۲	۷۹/۵۰	۹۱/۷۰	۴/۹۰
۳	فسا	۱۳/۷۷±۰/۶۸	۳/۱۵±۰/۸۵	۷۷/۱۳	۸۹/۷۱	۶/۹۵
	مغان	۱۲/۳۲±۱/۱۷	۲/۲۵±۰/۱۰	۸۱/۷۴	۹۳/۰۴	۳/۵۰
	کرج	۱۳/۵۷±۰/۹۴	۳/۹۲±۰/۸۹	۷۱/۰۸	۷۹/۵۰	۱۷/۵۴
۷	فسا	۱۳/۵۲±۰/۸۹	۵/۶۷±۱/۰۴	۵۸/۰۴	۶۵/۱۸	۳۲/۳۹
	مغان	۱۲/۶۵±۰/۴۲	۳/۴۰±۰/۷۹	۷۳/۱۲	۸۰/۹۳	۱۶/۰۶
	کرج	۱۴/۴±۱/۷۵	۶/۴۰±۱/۰۴	۵۵/۵۵	۵۶/۹۵	۴۰/۹۳
۱۵	فسا	۱۴/۳±۱/۳۴	۸/۰۳±۰/۵۲	۴۳/۸۳	۴۶/۹۳	۵۱/۳۲
	مغان	۱۳/۸۵±۱/۱۲	۵/۹۰±۰/۶۸	۵۷/۴۰	۵۸/۸۶	۳۸/۹۵
	کرج	۱۲/۵۵±۱/۰۵	۷/۵۵±۰/۸۰	۳۹/۸۴	۳۴/۱۶	۶۴/۵۷
۳۰	فسا	۱۲/۸۷±۰/۵۸	۱۰/۶۳±۰/۷۸	۱۷/۳۷	۱۲/۹۳	۸۶/۵۸
	مغان	۱۲/۱±۰/۷۳	۶/۷۵±۰/۹۶	۴۴/۲۱	۴۰/۳۵	۵۸/۱۵
	کرج	۱۲/۸۵±۰/۵۱	۱۰/۱۳±۰/۶۱	۲۱/۱۶	۷/۰۶	۹۲/۷۰
۶۰	فسا	۱۲/۵۵±۰/۵۹	۱۰/۹۵±۰/۷۵	۱۲/۷۹	۳/۹۱	۹۵/۹۴
	مغان	۱۲/۴۵±۰/۳۵	۹/۴۵±۰/۶۲	۲۴/۰۹	۱۲/۱۰	۸۷/۴۵
	کرج	۱۳/۴۷±۰/۳۵	۱۳/۴۷±۰/۴۲	۰	BDL	۱۰۰
۹۰	فسا	۱۳/۲۷±۰/۶۸	۱۳/۲۷±۰/۱۷	۰	BDL	۱۰۰
	مغان	۱۲/۳۷±۰/۵۶	۱۲/۲۷±۰/۵۹	۰/۸۰	BDL	۱۰۰
	کرج	۱۳/۶۷±۰/۳۰	۱۳/۶۷±۰/۱۸	۰	BDL	۱۰۰
۱۲۵	فسا	۱۳/۷±۰/۶۸	۱۳/۷±۰/۱۶	۰	BDL	۱۰۰
	مغان	۱۳/۲۵±۰/۳۶	۱۳/۲۵±۰/۳۱	۰	BDL	۱۰۰

* متوسط طول ریشهٔ چهار تکرار برای ۲۰ بوته، BDL (کمتر از حد تشخیص)

Archive of SID

www.SID.ir

با گذشت زمان مقدار اتلاف علف‌کش بیشتر شد، به‌طوری که در روز اول اتلاف علف‌کش در سه منطقهٔ کرج، مغان و فسا به‌ترتیب ۲/۸۵، ۵/۵۲ و ۲/۰۷ درصد گزارش شد. میانگین بقایای علف‌کش نیکوسولفورون+ ریم‌سولوفورون در ۶۰ روز پس از کاربرد علف‌کش در کرج، مغان و فسا به‌ترتیب ۷/۰۶، ۱۲/۱۰ و ۳/۹۰ میکروگرم بر کیلوگرم خاک به‌دست آمد (جدول۳). به‌طور کلی مقدار باقی‌ماندهٔ علف‌کش در فواصل مختلف زمان‌های نمونه‌برداری در منطقهٔ مغان بیشتر از کرج و در منطقهٔ کرج بیشتر از منطقهٔ فسا بود. در ۹۰ روز و ۱۲۵ روز بعد از کاربرد، بقایای علف‌کش مشاهده نشد. همان‌گونه که دیده می‌شود پایداری علف‌کش در منطقهٔ مغان نسبت به مناطق کرج و فسا بیشتر بود (جدول ۳). مقدار مواد آلی خاک از مهم‌ترین خصوصیات خاک است که تجزیهٔ علف‌کش‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثر مواد آلی بر واکنش‌های زیستی می‌تواند از دو جهت باشد: یکی اینکه مادهٔ آلی به‌عنوان یک منبع انرژی، سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود و با افزایش تعداد و فعالیت آنها، فرایندهای زیستی تجزیهٔ علف‌کش‌ها را سرعت می‌بخشد و از طرف دیگر، رونشینی علف‌کش‌ها تجزیهٔ آنزیمی آنها را به تأخیر می‌اندازد (Ramezani, 2010). در منطقهٔ مغان با توجه به مقدار مواد آلی و رس کمتر پایداری علف‌کش بیشتر است، ولی با توجه به مقدار مواد آلی بیشتر در منطقهٔ فسا، تجزیهٔ علف‌کش بیشتر و پایداری آن کمتر است (جدول ۱). همچنین، درجهٔ حرارت از عامل‌های بسیار مهم در تعیین شدت تجزیه و جذب علف‌کش‌ها در خاک است که درجهٔ حرارت بیشتر در منطقهٔ فسا می‌تواند عاملی در تجزیهٔ سریع‌تر علف‌کش در این منطقه باشد (متوسط درجهٔ حرارت در سه منطقهٔ کرج، فسا و مغان به‌ترتیب ۱۵، ۱۹ و ۱۷ درجهٔ سانتی‌گراد بود). همچنین، میزان pH خاک از عوامل مهم تأثیرگذار بر رفتار علف‌کش‌های خانوادهٔ تریازین‌ها و سولفونیل‌اوره‌هاست (Brown, 1990; Kookana *et al.*, 1998). در این مطالعه با توجه به اینکه pH خاک‌های سه منطقه مشابه است، اثر pH بر کارایی علف‌کش ناچیز است.

در غلظت دو برابر حد توصیه‌شدهٔ علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون، بقایا در مناطق کرج، فسا و مغان تا ۹۰ روز بعد از کاربرد علف‌کش پایداری نشان داد؛ هر چند بقایا کمتر از حدی بود که توسط منحنی کالیبراسیون تشخیص داده شود. در ۶۰ روز بعد از تیمار، ماندگاری علف‌کش کرج، فسا و مغان به‌ترتیب ۱۶/۳۲، ۱۲/۸۷ و ۲۵/۳۵ میکروگرم بر کیلوگرم بود (جدول ۴).

منحنی برازش داده‌های به‌دست‌آمده از درصد اتلاف علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون توسط مدل سه‌پارامتری سیگوئیدی نشان داد که اتلاف علف‌کش در منطقهٔ فسا با سرعت بیشتر و در زمان کمتری اتفاق می‌افتد (شکل ۴). براساس پارامترهای مدل، x0 (زمان لازم برای اتلاف ۵۰ درصد علف‌کش) در منطقهٔ فسا کمتر از دو منطقهٔ دیگر است؛ به‌طوری که این مقدار در منطقهٔ فسا در مقایسه با مناطق کرج و مغان به‌ترتیب ۳۴/۷ و ۵۶/۸ درصد کمتر بود (جدول ۵).

علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره جزء علف کش های اسید ضعیف هستند که در بیشتر خاک‌های کشاورزی به‌صورت آنیون وجود دارند. ازاین‌رو، جذب این علف‌کش‌ها بر روی ذرات خاک ضعیف است . جذب این گروه از علف‌کش‌ها با افزایش اسیدیتهٔ خاک، به‌علت افزایش غلظت فرم آنیونی این علف‌کش‌ها در محلول خاک، کاهش می‌یابد. گزارش شده که تجزیهٔ این علف‌کش‌ها در خاک‌های قلیایی، سرد، خشک و دارای مادهٔ آلی کم به‌کندی صورت می‌گیرد (Rice *et al.*, 2002).

با توجه به روند افزایشی مصرف علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره در کشور، و همچنین شرایط آب‌وهوایی (کمبود بارندگی در اکثر مناطق کشور که عاملی مهم در افزایش پایداری این گروه از علف‌کش‌ها و در نتیجه تشدید تأثیر بقایای آنها بر گیاهان حساس در تناوب‌های زراعی است)، بررسی آثار سوء بقایای این گروه از علف‌کش‌ها بر روی گیاهان زراعی که در تناوب کشت می‌شوند در مناطق مختلف آب‌وهوایی کشور ضروری به نظر می‌رسد تا بدین‌وسیله این جنبهٔ بسیار مهم از کاربرد علف‌کش‌ها در مدیریت پایدار علف‌های هرز درنظر گرفته شود. بنابراین، در تحقیقات گسترده باید حد پایداری علف‌کش‌های سولفونیل اوره و تأثیرات سوء بقایای این علف‌کش‌ها بر گیاهان زراعی در تناوب و برنامه‌ریزی به‌منظور کاهش این تأثیرات بر گیاهان غیرهدف بررسی شود.

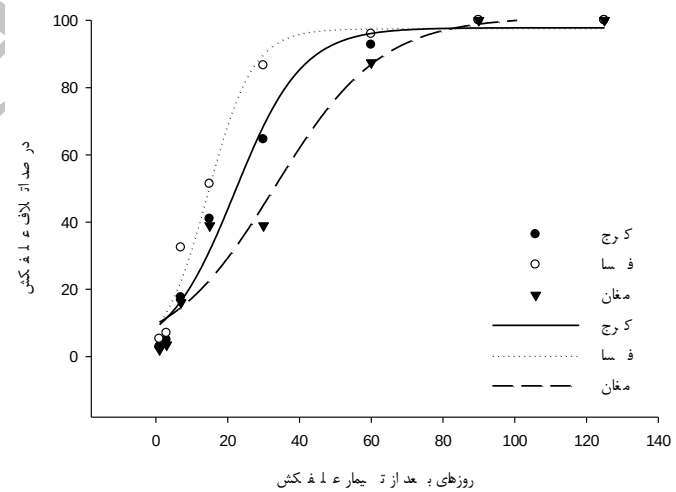
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. واکنش طول ریشهٔ عدس به باقی‌ماندهٔ علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) در دوبرابر دوز توصیه‌شده (۳۵۰ گرم در هکتار) در سه منطقهٔ کرج، مغان و فسا توسط روش زیست‌سنجی

روز	منطقه	*طول ریشه (± انحراف از استاندارد) (سانتی‌متر)		درصد بازدارندگی	میانگین باقی‌مانده	درصد
		شاهد	تیمارشده	ریشه	(میکروگرم بر کیلوگرم خاک)	اتلاف
	کرج	۱۳/۷۱±۰/۵۴	۲/۰۷±۰/۳۳	۸۴/۸۶	۹۹/۴۹	۴۸/۴۰
۱	فسا	۱۳/۴۵±۰/۳۸	۲/۴۲±۰/۳۸	۸۲/۰۰	۹۵/۹۷	۵۰/۲۳
	مغان	۱۲/۴۵±۰/۶۶	۱/۵۷±۰/۰۹	۸۷/۳۴	۱۰۰/۹۰	۴۷/۶۷
	کرج	۱۳/۶۶±۰/۸۲	۲/۳۲±۰/۱۸	۸۲/۹۸	۹۶/۷۵	۴۹/۸۲
۳	فسا	۱۳/۷۷±۰/۶۸	۲/۷±۰/۴۳	۸۰/۳۹	۹۳/۹۱	۵۱/۳۰
	مغان	۱۲/۳۲±۱/۱۷	۱/۹۰±۰/۲۰	۸۳/۹۷	۹۷/۰۲	۴۹/۶۸
	کرج	۱۳/۵۷±۰/۹۴	۲/۹۵±۰/۴۳	۷۸/۲۶	۸۹/۹۲	۵۳/۳۷
۷	فسا	۱۳/۵۲±۰/۸۹	۳/۸۷±۰/۶۴	۷۱/۳۴	۸۲/۲۸	۵۷/۳۳
	مغان	۱۲/۶۵±۰/۴۲	۲/۴۵±۰/۵۰	۷۷/۸۶	۹۱/۴۷	۵۲/۵۶
	کرج	۱۴/۴±۱/۷۵	۴/۶۷±۰/۷۲	۶۷/۵۳	۷۴/۳۴	۶۱/۴۴
۱۵	فسا	۱۴/۳±۱/۳۴	۶/۵۲±۱/۲۹	۵۴/۳۷	۶۰/۴۶	۶۸/۶۴
	مغان	۱۳/۸۵±۱/۱۲	۴/۱۵±۱/۰۶	۷۰/۰۳	۷۶/۶۰	۶۰/۲۷
	کرج	۱۲/۵۵±۱/۰۵	۶/۴۵±۰/۷۱	۴۸/۶۰	۴۶/۸۷	۷۵/۷۰
۳۰	فسا	۱۲/۸۷±۰/۵۸	۹/۲۵±۰/۵۹	۲۸/۱۵	۲۶/۷۸	۸۶/۱۰
	مغان	۱۲/۱±۰/۷۳	۶/۰۰±۰/۸۲	۵۰/۴۱	۴۹/۰۵	۷۴/۵۶
	کرج	۱۲/۸۵±۰/۵۱	۹/۳۱±۱/۸۱	۲۷/۵۴	۱۶/۳۲	۹۱/۵۳
۶۰	فسا	۱۲/۵۵±۰/۵۹	۱۰/۳۷±۰/۳۰	۱۷/۳۳	۱۲/۸۷	۹۳/۳۲
	مغان	۱۲/۴۵±۰/۳۵	۸/۲۷±۰/۳۳	۳۳/۵۳	۲۵/۳۵	۸۷/۹۰
	کرج	۱۳/۴۷±۰/۳۵	۱۳/۳۵±۰/۴۲	۰/۹۲	BDL	۱۰۰
۹۰	فسا	۱۳/۲۷±۰/۶۸	۱۳/۲۸±۰/۶۰	۰	BDL	۱۰۰
	مغان	۱۲/۳۷±۰/۵۶	۱۲/۰۷±۰/۲۳	۲/۴۲	BDL	۱۰۰
	کرج	۱۳/۶۷±۰/۳۰	۱۳/۶۷±۰/۱۲	۰/۰۳	BDL	۱۰۰
۱۲۵	فسا	۱۳/۷±۰/۶۸	۱۳/۷±۰/۲۷	۰	BDL	۱۰۰
	مغان	۱۳/۲۵±۰/۳۶	۱۳/۳±۰/۳۱	۰	BDL	۱۰۰

* متوسط طول ریشهٔ چهار تکرار برای ۲۰ بوته، BDL (کمتر از حد تشخیص)



شکل ۴. الگوی اتلاف علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) در دوز توصیه‌شده (۱۷۵ گرم در هکتار) در سه منطقهٔ کرج، مغان و فسا توسط روش زیست‌سنجی (نقاط مقادیر مشاهده‌شده و خطوط روند پیش‌سینی توسط معادله را نشان می‌دهد).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. مدل سه‌پارامتری سیگموئیدی (f = a/(1+exp(-(x-x0)/b)) برای تعیین DT50 (زمان لازم برای اتلاف ۵۰ درصد علف‌کش) علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) در دوز توصیه‌شده (۱۷۵ گرم در هکتار) در سه منطقهٔ کرج، مغان و فسا توسط روش زیست‌سنجی

پارامترهای مدل	مناطق		
	کرج	فسا	مغان
a	۹۷/۷۹	۹۷/۷۱	۱۰۱/۰۲
b	۹/۳۹	۶/۲۸	۱۴/۷۳
X0	۲۱/۹۴	۱۴/۳۱	۳۳/۱۶
R2	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۶
P value	۰/۰۰۰۱<	۰/۰۰۰۱<	۰/۰۰۰۱<

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق بقایای علف‌کش نیکوسولفورون+ ریم‌سولوفورون (اولتیما)، از علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره که در مزارع ذرت استفاده می‌شود، توسط روش زیست‌سنجی ارزیابی شد. به‌طور معمول، در تعیین باقی‌ماندهٔ علف‌کش‌ها از روش‌های آزمایشگاهی (HPLC, GC) استفاده می‌شود، اما با توجه به هزینهٔ زیاد مواد آزمایشگاهی برای استخراج بقایا از خاک و قیمت زیاد آنالیز نمونه‌ها، روش زیست‌سنجی می‌تواند جایگزین مناسبی برای این موضوع باشد. در مطالعهٔ حاضر در بین گیاهان مختلف ارزیابی‌شده، بازدارندگی طول ریشهٔ گیاه عدس به‌عنوان پارامتر حساس برای آنالیز نمونه‌های خاک مزارع مختلف انتخاب شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که بقایای علف‌کش نیکوسولفورون+ریم‌سولوفورون (اولتیما) در مناطق کرج، فسا و مغان تا ۶۰ روز بعد از کاربرد علف‌کش می‌تواند پایداری داشته باشد. بنابراین، در مناطقی که ذرت به‌عنوان کشت دوم کاربرد دارد و برای مصارف علوفه‌ای استفاده می‌شود، در صورت استفاده از این علف‌کش برای مبارزه با علف‌های هرز مزارع ذرت، اعمال فاصلهٔ زمانی مطلوب در کاهش خسارت ناشی از بقایای این علف‌کش بر گیاهان بعدی ضروری به‌نظر می‌رسد.

REFERENCES

1. Eizadi Darbandi, E. (2008). *Stability assessment of atrazine in the laboratory and field and its effect on soil microbial activity and crop habitats*. Ph. D. dissertation, University of Mashhad, Iran. (In Farsi).
2. Baghestani, M.A., Zand, E., Soufizadeh, S., Eskandari, A., Pourazar. R., Veysi, M. & Nassirzadeh, N. (2007). Efficacy evaluation of some dual purpose herbicides to control weeds in maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection*, 26 (7), 936-942.
3. Brown, H.M. (1990). Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science*, 29 (3), 263-81.
4. Castro M.C., Bedmar, F., Monterubbianesi M.G., Peretti, A. & Barassi, C.A. (2002). Determination of chlorimuron and metsulfuron-methyl residue in two soils of Argentina using rapid seed bioassay. *Journal of Environmental Biology*, 23 (4), 353-358.
5. Eberle, D.O. & Gerber, H.R. (1976). Comparative studies of instrumental and bioassay methods for the analysis of herbicide residues. *Archive Environment Contamination Toxicology*, 4 (1), 101-118.
6. Ferris, I.G. & Haigh, B.M (1992). Prediction of herbicide persistence and phytotoxicity of residues. In: Proceedings of First International Weed Control Congress, Melbourne, Australia, 1, 193-207.
7. Halloway, K.L., Kookana, R.S., Noy, D.M., Smith, J.G. & Wilhelm, N. (2006). Crop damage caused by residual Acetolactate Synthase herbicides in the soils of south-eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46 (10), 1323-1331.
8. Hamaker, J.W. & Goring, C. (1976). Turnover of pesticide residues on soil. Bound and conjugated pesticide residues. In D.D. Kaufman (Ed.), *Bound and Conjugated Pesticide Residues*. ACS Symposium Series 29. (Pages 219–243). Washington, DC: American Chemistry Society.
9. Hernandez- Sevillano, E., Villarroya, M., Alonso- Prados, J.L., & Baundin, J.M. 2001. Bioassay to detect sulfosulfuron and triasulfuron residues in soil. Weed Technology. 15 (3): 447- 452.
10. Jettner, R.J., Walker, S.R., Churchett, J.D., Blamey, F.P.C., Adkins, S.W. & Bell, K. (1999). Plant sensitivity to atrazine and chlorsulfuron residues in soilfree system. *Weed Research*, 39 (4), 287-295.

Archive of SID

www.SID.ir

11. Kookana, R.S., Baskaran, S. & Naidu, R. (1998). Pesticide fate and behavior in Australian soils in relation to contamination and management of soil and water: A review. *Australian Journal of Soil Research*, 36,715-764.
12. Kropff, M.J. & Lotz, L.A.P. (1992). Optimization of weed management systems: The role of ecological models of interplant competition. *Weed Technology*, 6 (2), 462-470.
13. Lian, H.Z., Zhang, W.B., Jiang, Q. & Mias, J. (1996). Simultaneous determination of metsulfuron-methyl, chlorsulfuron and bensulfuron-methyl in various formulations of sulfonylurea herbicide by HPLC-UV detection. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 19 (2), 207-217.
14. Marek, J.L. & Koskinen, W.C. (1996). LC/MS analysis of 4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl-containing sulfonylurea herbicide in soil. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44 (12), 3878-3881.
15. Moyer, J.R. & Hamman, W.M. (2001). Factors affecting the toxicity of MON 37500 residues to following crops. *Weed Technolology*, 15 (1), 42-47.
16. Moyer, J.R. & Esau, R. (1996). Imidazolinone herbicide effects on following rotational crops in Southern Alberta. *Weed Technology*, 10 (1), 100-106.
17. Noy, D.M. & Hollaway, K.L. (2001). Metsulfuron-methyl residues and potential recropping damage in Victorian cropping soils. In: Proceedings of Weed Conference, Melbourne, Australia, pp. 42-46.
18. Onofri, A. (1996). Biological activity, field persistence and safe recropping intervals for imazethapyr and rimsulfuron on a silty-clay soil. *Weed Research*, 36 (1), 73-83.
19. Paul, R., Sharma, R., Kulshrestha. G. & Singh, S.B. (2009). Analysis of metsulfuron-methyl residues in wheat field soil: A comparison of HPLC and bioassay techniques. *Pest Management Science*, 65(9), 963-968.
20. Pestemer, W. & Zwerger, P. (1999). The application of a standardized bioassay to estimate the phytotoxic effects of frequently used herbicides on non-target plants. *Human and Environmental Exposure to Xenobiotics*, 763-770.
21. Ramezani, M.K. (2010). Soil persistence of herbicides and their carryover effects on rotational crops – A review. *Iranian Journal of Weed Science*, 2(1), 95-119. (In Farsi).
22. Rice, C.P., Nochetto, C.B. & Zara, P. (2002). Volatilization of trifluralin, atrazine, metolachlor, chlorpyrifos, and endosulfan from freshly tilled soil. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50(14), 4009-4017.
23. Shalaby, L.M., Bramble, F.Q. & Lee, P.W. (1992). Application of thermospray LCMS for residue analysis of sulfonylurea herbicides and their degradation products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 40 (3), 513-517.
24. Vencill, W.K. (2002). *Herbicide Handbook*. 8th ed. Weed Science Society of America, Lawrence, KS, USA. pp. 409-411.
25. Wang, W. & Freemark, K. (1995). The use of plants for environmental monitoring and assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 30 (3), 289-301.

Archive of SID

www.SID.ir